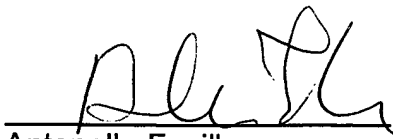


VERIFICATION OF A TRANSLATION

I, Antonella Fusillo, resident of the United States, residing at 28-32 45th Street, # 2F, Astoria, N.Y. 11103, depose and state that:

1. I am familiar with the English and German languages.
2. I have read the attached German Search Report regarding German patent application no. 198 17 848.4.
3. The hereto attached English language text is an accurate translation thereof.

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.


Antonella Fusillo

Date: December 3, 2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT/EP 99/02724
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP99/2724

| | |
|-------------------|-----|
| REC'D 01 JUL 1999 | |
| WIPO | PCT |

Bescheinigung

EDV

Die Carl Baasel Lasertechnik in Starnberg/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Resonatoranordnung für Festkörperlaser"

am 22. April 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
H 01 S 3/08 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 25. Mai 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 17 848.4

Keller

Resonatoranordnung für Festkörperlaser

Technisches Gebiet und Stand der Technik

In den letzten Jahren haben vermehrt Nd:YAG Schweißlaser Einzug in den Schmuck- und Dentaltechnikbereich gehalten. Mit diesen sogenannten Handschweißlasern können präzise Punkt- und Nahtschweißungen im Sub-Millimeter Bereich durchgeführt werden. Neben dem Vorteil der lotfreien Verbindungen ist vor allem die thermische Schonung im Vergleich zur bisherigen Flammentechnik hervorzuheben. Alle marktüblichen Geräte haben einen typischen Aufbau, wie er in Abb. 1 dargestellt ist. Die dabei verwendeten üblichen „klassischen“ Resonatoren sind zumeist so aufgebaut, wie in Abb. 2a zu erkennen, mit einem planen Auskoppelspiegel und einem konkaven Rückspiegel. Der Laserstab sitzt ungefähr in der Mitte zwischen den Spiegeln.

Alle Geräte haben mit dem Problem der „thermischen Linse“ des Nd:YAG-Stabes und dem damit verbundenen „Erstpulsverhalten“ zu kämpfen. Dieses Problem läßt sich auf die sogenannte thermische Linse im Nd:YAG-Stab zurückführen. Durch das Pumpen über eine Blitzlampe und die Wasserkühlung stellt sich im Nd:YAG-Stab ein radiales Temperaturprofil ein, welches sich über die charakteristische Materialkonstante dn/dT in ein Brechungsindexprofil und somit in eine Linsenwirkung transformiert. Abhängig von der bereits eingestrahlten Pumpenergie bzw. der Kühlung durch das Kühlwasser ist diese Linsenwirkung von der Pumpleistung abhängig. In Abb. 3 ist eine Simulation der Spotgröße im Fokus ohne Aufweitung in Abhängigkeit der Pumpleistung, d.h. bei variieren der thermischer Linse und für verschiedene Spiegelradien aufgetragen. Man erkennt deutlich das Ansteigen des Fokusdurchmessers mit steigender Pumpleistung. Kleinere Krümmungsradien des Rückspiegels führen zwar zu einer geringeren relativen Änderung,

aber insgesamt zu größeren Werten des Fokusedurchmessers. Bei Einzelpulsen oder bei Erstpulsen (niedrige Pumpleistung) ist die Linsenwirkung noch gering, beim Dauerpulsen (hohe Pumpleistung) mit einer eingestellten Frequenz baut sich die Linse bis zu einem Wert auf, der von der mittleren Pumpleistung im Dauerbetrieb abhängt. Durch diese Linsenwirkung wird sowohl die Strahlqualität und somit die Spotgröße in der Bearbeitungsebene als auch (geringfügiger) die Pulsenergie beeinflusst. Für den Benutzer, dessen relevante Größe die Energiedichte, also die Pulsenergie dividiert durch die Spotgröße ist, stellt sich dieses Phänomen je nach Schweißvorgeschichte in stark variiierenden Schweißergebnissen dar.

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen, besteht darin, den Laserstrahl durch eine hinreichend lange Glasfaser zu übertragen. Da die Glasfaser den Durchmesser des Strahls nicht konserviert, hat der ausgekoppelte Strahl in der Regel einen konstanten Durchmesser und eine nahezu konstante Divergenz. Allerdings wird durch diese Methode die Strahlqualität derart verschlechtert, daß die Fokussiereinheit entsprechend angepaßt werden muß und dadurch die sogenannte „Gutmütigkeit“ des Schweißprozesses leidet, weil die Schärfentiefe in der Bearbeitungsebene geringer wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, eine stärkere Aufweitung vor dem Strahlteiler einzusetzen und außerhalb des Fokusbereichs in der Nähe der gleich groß bleibenden Abbildung der Staboberfläche zu arbeiten. Dadurch reduziert sich ebenfalls das Erstpulsverhalten. Allerdings verschlechtert sich gleichzeitig wieder die „Gutmütigkeit“ (Schärfentiefe des Laserfokussystems in der Bearbeitungsebene).

Darstellung der Erfindung

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die Abb. 2b, 4 und 5 ein

spezieller Resonatortyp vorgestellt, der bei der oben angesprochenen Laserklasse das Erstpulsverhalten bis unter die Nachweisgrenze des Benutzers reduziert und gleichzeitig die Gutmütigkeit, d.h. die Schärfentiefe des Lasers beibehält.

Der neue „sweet spot“ Resonator (siehe Abb. 2b) ist extrem unsymmetrisch. Das eine Stabende ist teilverspiegelt und plan und dient als Auskoppelspiegel. Das andere Stabende ist konvex gekrümmt und dient als Sammellinse im Resonator. Der Rückspiegel ist konvex gekrümmt. Diese spezielle Anordnung der Komponenten führt bei entsprechender Auslegung der Resonatorlänge und der jeweiligen Krümmungsradien zu einem Resonator, der bei kurzer Baulänge einen kleinen Fokus erzeugt, welcher nahezu unabhängig von der Frequenz bzw. Pumpleistung ist. Eine mögliche Auslegung der Komponenten sieht dabei wie folgt aus:

Resonatorlänge: 290 mm

Krümmungsradius Rückspiegel: 0.1 m cvx

Krümmungsradius Nd:YAG Stab: 0.22 m cvx

Länge des Nd:YAG Stabes: 90 mm

Auf diesen Resonator beziehen sich auch alle vorgestellten Meßergebnisse.

Ähnliche Ergebnisse können mit leicht modifizierten Parametern (Krümmungsradien & Resonatorlänge) erzielt werden.

Das hervorzuhebende Merkmal ist, daß unter Verwendung von zwei konvex gekrümmten Radien (Rückspiegel & Stab) die Resonatorlänge bei den verwendeten Pumpleistungen auf einen Wert, der erheblich unter 500 mm liegt, reduziert werden kann.

Abb. 4 zeigt den Vergleich eines „klassischen“ Resonators mit dem neuen „sweet spot“ Resonator in der Simulation. Wie deutlich zu sehen ist, hat der „sweet spot“ Resonator nicht nur einen nahezu konstanten Fokusdurchmesser, während beim „klassischen“ Resonator der Fokusdurchmesser mit steigender thermischer Linse zunimmt; der Fokusdurchmesser ist auch noch im gesamten Bereich deutlich kleiner. Diese gerechneten Ergebnisse

werden bestätigt durch die Messungen in Abb. 5 (1 Stab beim "Stand der Technik", 4 verschiedene Stäbe beim erfindungsgemäßen "sweet spot" Resona- tor).

Anzumerken ist, daß die Pulsenergie ebenfalls nahezu unabhängig von der Vorgeschichte der Pumpleistung ist. Damit bleiben sowohl der Fokusbereich als auch die Energiedichte konstant, was für den Anwender von zentralem Interesse ist.

Das bevorzugte Anwendungsgebiet der Erfindung sind Nd:YAG Schweißlaser mit einer Resonatorlänge kleiner 500 mm sowie einer maximalen Pumpdurchschnittsleistung bis 2 kW (entspricht etwa 60 W mittlerer Laserleistung).

Resonatoranordnung für Festkörperlaser

Patentansprüche

1. Resonatoranordnung für Festkörperlaser, die eine thermisch induzierte Linsenwirkung zeigen, mit einem Laserstab, einem Rückspiegel und einem teilreflektierendem Auskoppelspiegel, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rückspiegel konvex gekrümmt ist, daß das dem Rückspiegel zugewandte Ende des Laserstabs ebenfalls konvex gekrümmt ist und daß der Auskoppelspiegel von dem anderen Ende des Laserstabs gebildet wird, wozu dieses Ende teilverspiegelt ist.

2. Resonatoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das teilverspiegelte Ende des Laserstabs eben ausgebildet ist.

3. Resonatoranordnung gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rückspiegel konvex gekrümmt ist, daß das dem Rückspiegel zugewandte Ende des Laserstabs ebenfalls konvex gekrümmt ist und daß der Auskoppelspiegel in unmittelbarer Nähe zum Laserstabende angeordnet ist, vorzugsweise in einem Abstand von weniger als etwa 10 mm.

4. Resonatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß es sich bei dem Laserstab um einen Nd:YAG-, Er:YAG-, Ho:YAG-, Nd:Glas-Stab handelt.

1/5

11.05.05.99

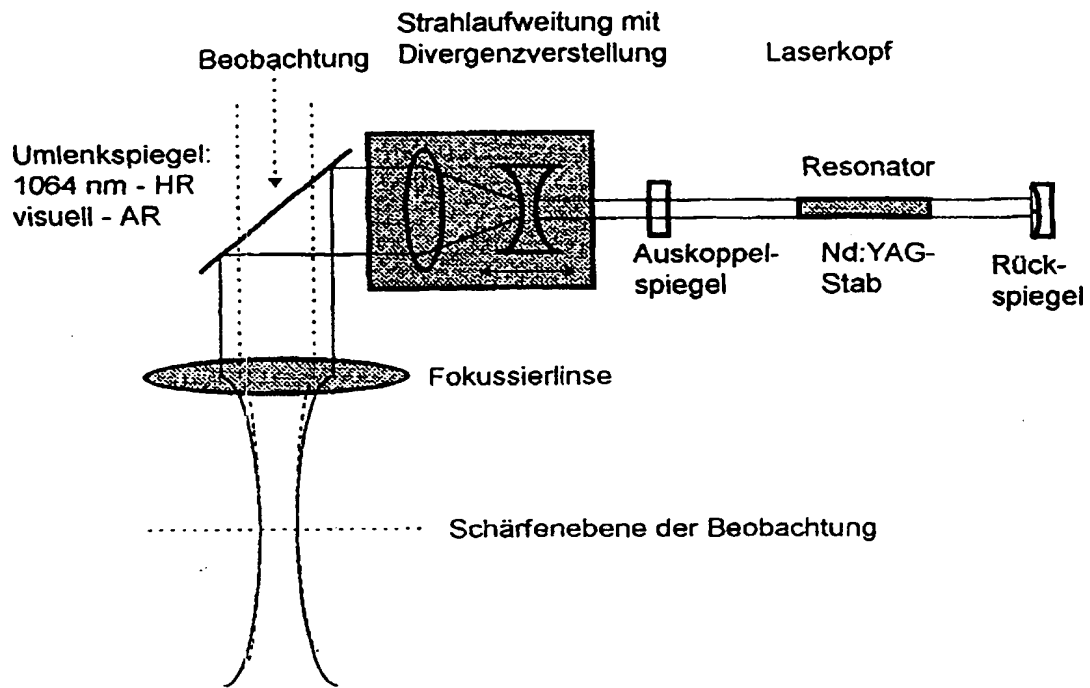


Abb. 1
Stand der Technik

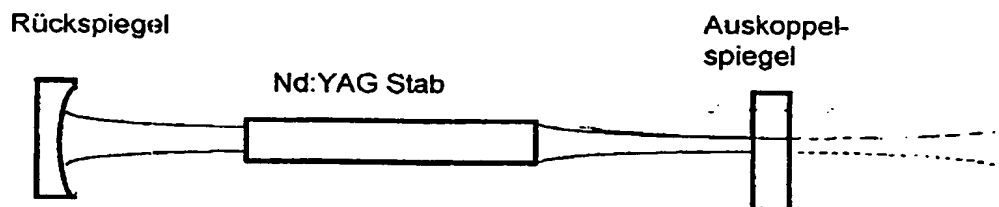
2/5

M

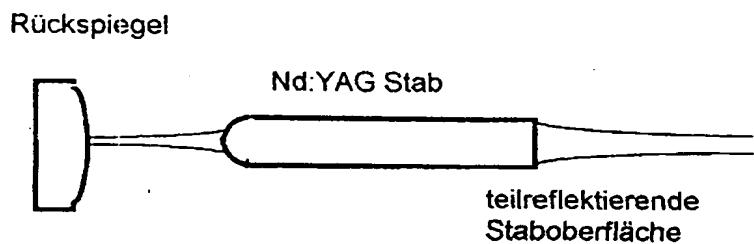
15.08.99

Abbildung 2

a.) „Klassischer“ Resonator gemäß dem Stand der Technik



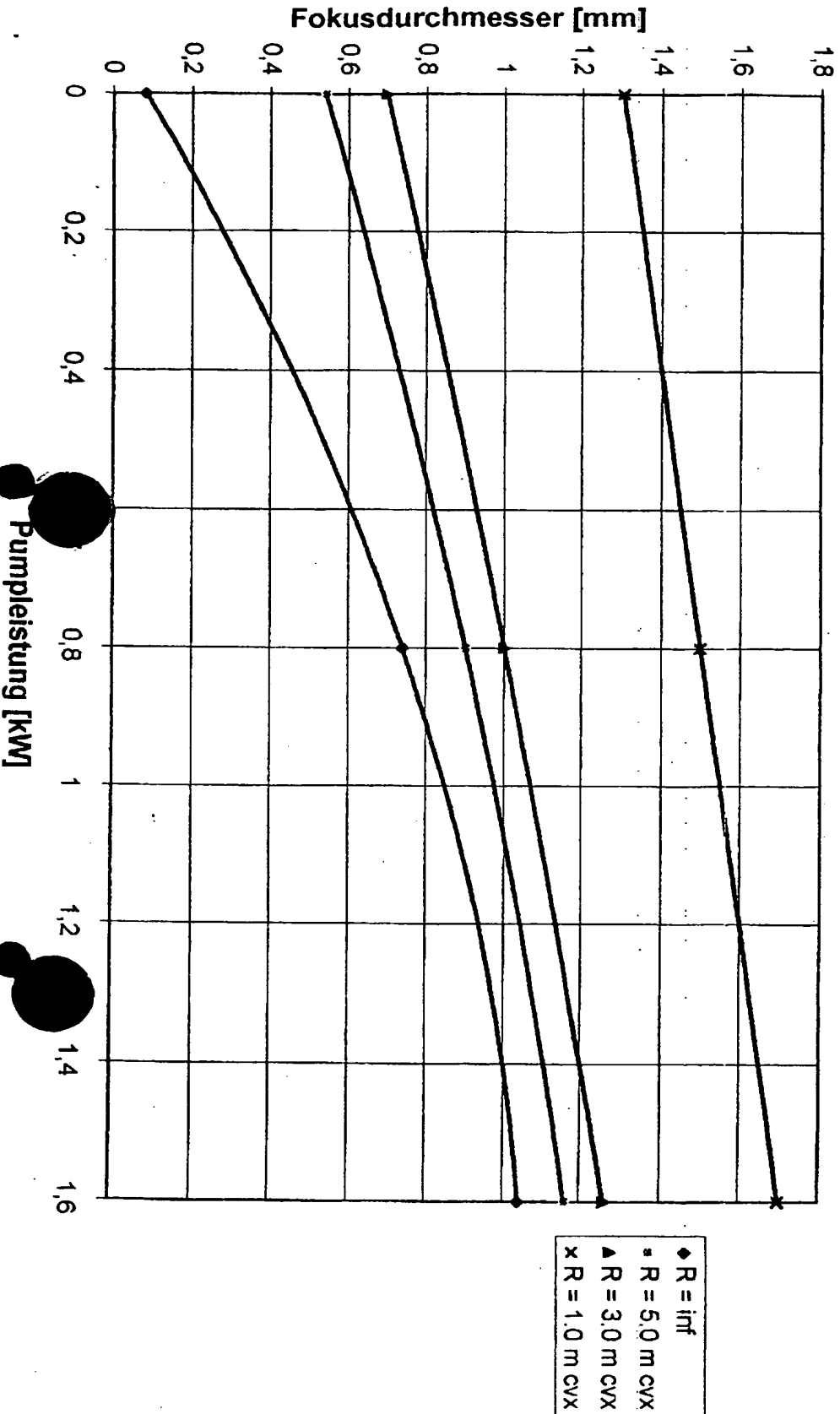
b.) Erfindungsgemäßer „Sweet Spot“ Resonator



**Abb. 3: Erstpulsverhalten bei "klassischem" Resonator
gemäß dem Stand der Technik**

Simulation

Fokussierlinse: $f=116$ mm
Abstand Fokussierlinse-Resonatorende: 285 mm
Resonatorlänge: 325 mm
Stablänge: 90 mm
Krümmungsradius Rückspiegel: siehe Legende
Krümmungsradius Auskoppspiegel: plan



4/5

14.08.99

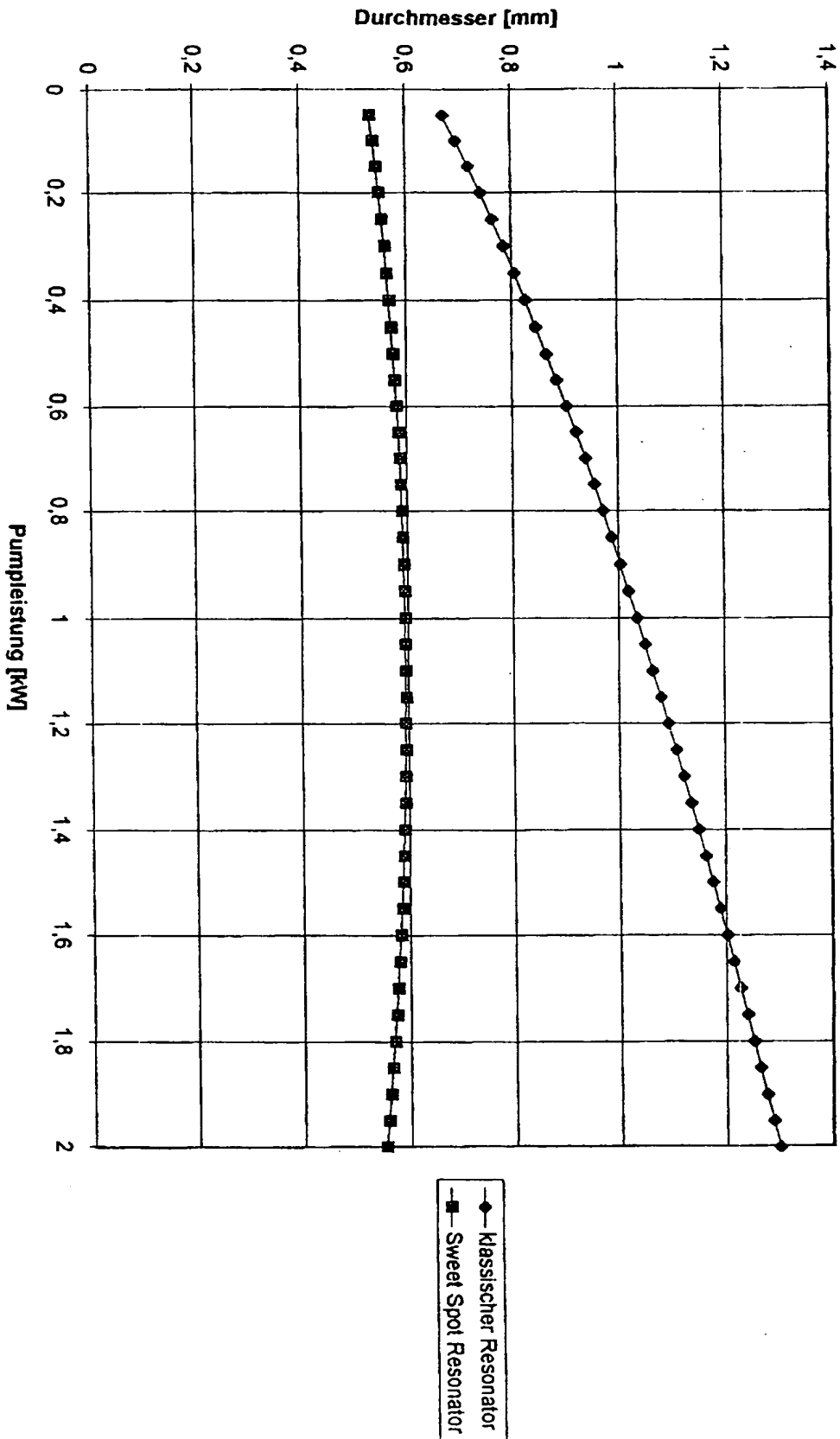


Abb. 4: Vergleich Stand der Technik mit erfindungsgemäßem Resonator (Simulation)

14.08.99

5/5

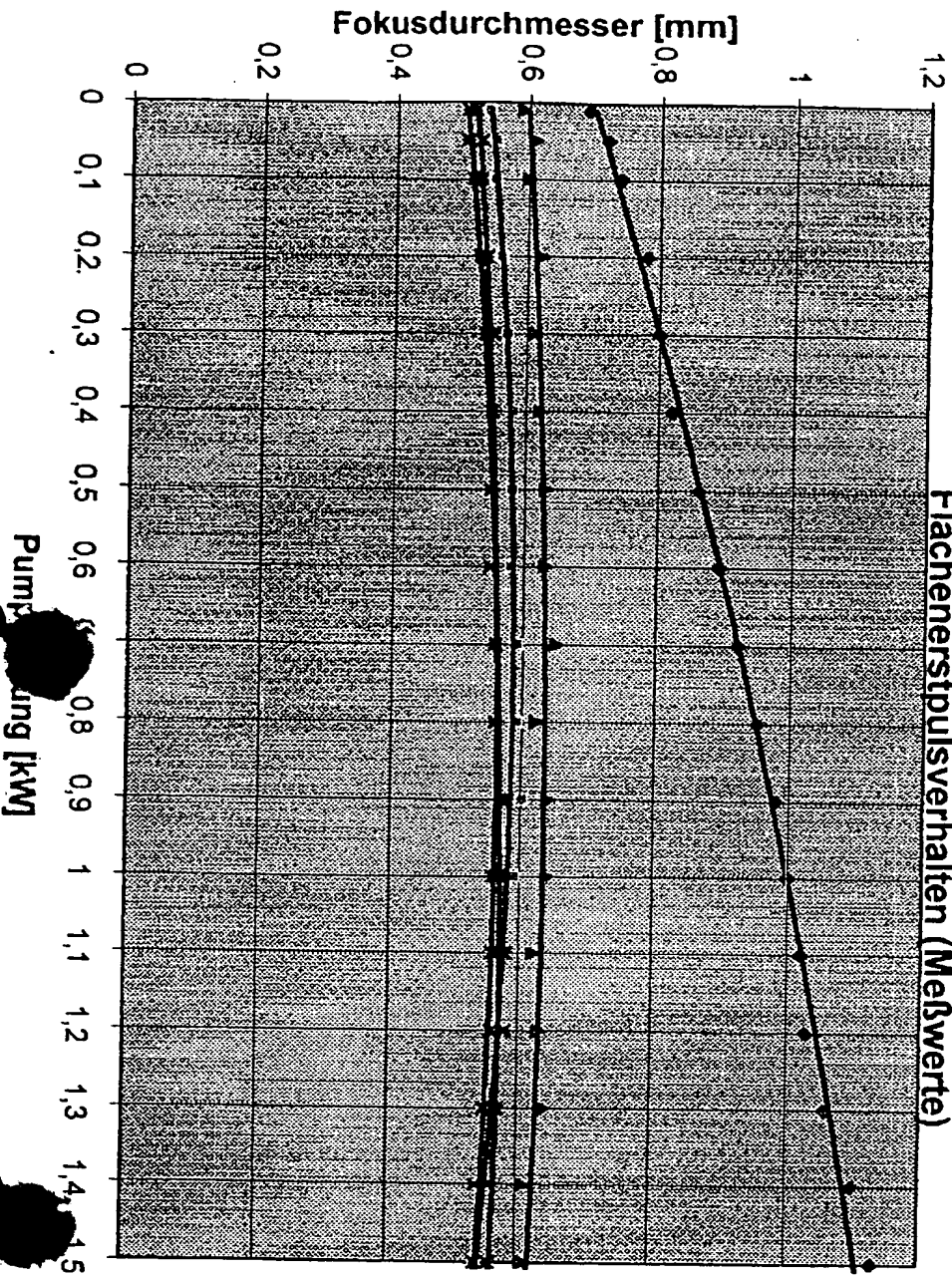


Abb. 5: Erfindungsgemäßer "Sweet Spot" Resonator
Flächenerstverhältnis (Meßwerte)

Gemessen mit CCD Kamera
Fokussierlinse: $f=116$ mm
 $P_{max} = 1.5$ kW
Abstand Fokussierlinse-Stabende: 450 mm
Resonatorlänge = 280 mm
Rückspiegel: $R = 0.1$ m cvx
Stabkrümmung: 0.22 m cvx
Stablänge: 90 mm

- ◆ Stand der Technik
- "Sweet Spot" Stab 1
- ▲ "Sweet Spot" Stab 2
- × "Sweet Spot" Stab 3
- * "Sweet Spot" Stab 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)